

Principais aspectos da inter-relação nutrição e imunidade em aves sob estresse

Imunologia aviária, moduladores nutricionais, sistema imune.

Danilo Vargas Gonçalves Vieira^{1*}; Carla Fonseca Alves¹; Fernanda Luz Alves¹; Iberê Pereira Parente¹; Ana Carolina Muller Conti¹; Marilu Santos Souza¹; Thiago Sousa Melo²; Danilo Teixeira Cavalcanti²; Natália Livia de Oliveira Fonteles²; Camila Sousa Vilanova¹; Ecione Martins Silva¹

¹ Universidade Federal do Tocantins, Campus Araguaína, Araguaína-TO.
*Email: danilovargaszo@hotmail.com

² Universidade Federal da Paraíba, Campus III, Areia-PB.

RESUMO

A interação entre a nutrição e a imunologia em aves compreende a área de conhecimento que, nos últimos anos, têm recebido importantes contribuições de pesquisas científicas e ganhando espaço com recentes normas de mercado que impossibilitam o uso de quimioterápicos na avicultura. A nutrição como ferramenta para modular o sistema imunológico, têm se tornado fato real não apenas em estados patológicos de imunodepressões, como também para a manutenção de estados saudáveis em aves sem comprometimento do seu sistema imune. A alta prioridade do sistema imune para os nutrientes é baseada na observação de que uma restrição alimentar moderada é suficiente para prejudicar a taxa de crescimento, mas não prejudica os índices de imunocompetência. Assim sendo, os níveis da maioria dos nutrientes que maximizam a produção geralmente proporcionam substrato adequado para o sistema imune funcionar satisfatoriamente. Diversos nutrientes têm sido pesquisados com intuito de melhorar a resposta imune. De acordo com os autores essas pesquisas foram eficazes em modular a resposta imune frente há uma nutrição adequada.

Palavras-chave: imunologia aviária, moduladores nutricionais, sistema imune.



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 12, Nº 06, nov/dez de 2015

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Revista Eletrônica Nutritime é uma publicação bimensal da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos e também resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>.

MAJOR ASPECTS OF THE INTERRELATIONSHIP OF NUTRITION AND IMMUNITY IN BIRDS UNDER STRESS

ABSTRACT

The interaction between nutrition and immunology in poultry comprises the area of knowledge that have received important contributions to scientific research in recent years, and gaining ground with latest market standards that prohibit the use of chemotherapeutic agents in poultry. Nutrition as a tool to modulate the immune system, have become actual fact not only in pathological states immunodepressões, but also for maintaining healthy states in birds without compromising your immune system. A high priority for the nutrients the immune system is based on the observation that a moderate dietary restriction is sufficient to impair the growth rate, but not affect the indices of immunocompetence. Thus, the levels of most nutrients that maximize production generally provide adequate substrate for the immune system to function satisfactorily. Several nutrients have been studied with the aim of improving the immune response. According to these studies the authors were effective in modulating immune response against no adequate nutrition.

Keywords: avian immunology, immune system, nutrition modulators.

INTRODUÇÃO

Animais submetidos a um estresse desencadeiam diversos mecanismos para contornar tal situação, mecanismo esses dispendiosos para a vida animal, prejudicando o desempenho das aves. Quando o estresse passa por um longo período, tornando-se crônico, outros sistemas como o imunológico começa a ser afetado e, acarreta prejuízos maiores.

O equilíbrio entre a boa funcionalidade do sistema imune (imunocompetência) e os desafios de campo é o fator determinante da saúde de um animal. O sistema imunológico das aves opera de acordo com os mesmos princípios do sistema imunológico dos mamíferos (SHARMA, 1981).

A nutrição desempenha papel importante na imunidade, pois as reações do sistema imunológico também necessitam de energia e de vários nutrientes. A ativação do sistema imune demanda recursos orgânicos que podem comprometer o bom desempenho animal, isso porque, quando ativado, o sistema imune desvia parte de proteínas, vitaminas, energia e minerais para a reação inflamatória e diminui a disponibilidade deste para produção de carne e ovos.

Uma das áreas da pesquisa que mais tem atraído a atenção dos técnicos em avicultura é a imunomodulação por meio da nutrição. Há estudos nos quais os efeitos de doses de vitaminas, minerais e aminoácidos sobre a imunidade humoral e celular têm sido relatados.

A presente revisão tem por objetivo observar as possíveis relações do sistema imune animal frente ao estresse e, a nutrição imposta a esses animais, como mecanismo de melhorar o desempenho produtivo.

Estresse

O conceito de estresse foi apresentado inicialmente por Hans Selye em 1936, tendo havido posteriormente um crescente interesse dos pesquisadores quanto à identificação dos agentes estressores, bem como dos eventos fisiológicos envolvidos na resposta ao estresse.

O estresse é comumente definido como uma condição ou estado em que a homeostase do organismo é

perturbada, como resultado de estímulos estressores. É uma sucessão de eventos, envolvendo a participação de diferentes sistemas do organismo em resposta a agentes estressores, como fatores climáticos, hiperpopulação, infecções, exercício físico intenso, desnutrição, ruído, odor, entre muitos outros (KIOUKIA-FOUGIA et al., 2002).

Segundo Macari & Furlan (2002), no hipotálamo existem neurônios responsivos ao calor, os quais são ativados quando a temperatura corporal aumenta, induzindo o animal a ter respostas de perda de calor por meio do aumentar da dissipação de calor e redução da produção metabólica de calor; enquanto os neurônios responsivos ao frio são ativados quando a temperatura corporal está baixa e, induz as respostas de conservação de calor. O conceito de “*set-point*” termorregulador reside na influência recíproca dos sensores de frio e de calor sobre o sistema controlador da temperatura corporal. Assim, quando as atividades dos neurônios responsivos ao calor e ao frio se igualam, a produção será igual à perda de calor e a temperatura será mantida estável. Este ponto de atividade é denominado *set-point*, que no caso das aves domésticas está em torno de 41°C. Neste sentido, a manutenção da temperatura corporal das aves é função de mecanismos de produção e, perda de calor.

Consequências do estresse

De um modo geral, a consequência primária do estresse é uma alteração sobre a homeostase orgânica do animal. Neste sentido, em certo momento o animal não consegue manter a homeostasia, a consequência, mesma que rápida e eventual, será um prejuízo ao bem estar animal (FRASER & BROOM, 1990).

As aves são animais homeotérmicos, com cobertura corporal dotada de penas, que favorecem o isolamento térmico, mas dificulta a troca de calor com o meio. Além disso, não apresentam glândulas sudoríparas e possui reduzida capacidade de troca térmica, na forma latente, fato esse justificado por seu sistema termorregulador ser mais adequado para reter calor do que para dissipá-lo (FURLAN, 2006).

Desta forma, o estresse por calor é um dos maiores entraves na produção de frangos, principalmente em regiões onde predominam altas temperaturas, devido

ao baixo desempenho, a imunossupressão e a alta mortalidade (MUJAHID et al., 2007).

Quando expostas ao calor, as aves ativam mecanismos fisiológicos responsáveis pela dissipação de calor e diminuem sua produção metabólica. Simultaneamente, alteram seu comportamento, abrindo as asas e mantendo-as afastadas do corpo, também aumentam o fluxo sanguíneo para a superfície corporal a fim de facilitar a dissipação do calor para o ambiente. Se ainda não for suficiente, há o aumento da frequência respiratória, ocasionando perdas excessivas de dióxido de carbono (CO_2). Assim, a pressão parcial de CO_2 ($p\text{CO}_2$) diminui, levando à queda na concentração de ácido carbônico (H_2CO_3) e hidrogênio (H^+) na tentativa de manter o equilíbrio ácido-base da ave. Esta alteração é denominada alcalose respiratória (FURLAN & MACARI, 2008).

O aumento dos movimentos respiratórios também desencadeia uma maior contração da musculatura envolvida na respiração, gerando mais calor ao animal que pode levá-lo a hipertermia, além do desperdício energético para manutenção da estabilidade fisiológica (FURLAN & MACARI, 2008).

Somado a isso, a produção de calor nesses animais é particularmente alta, pois sua taxa de crescimento é suportada pelo elevado consumo alimentar, cuja eficiência de utilização de energia metabolizável é de apenas 40%, sendo o restante perdido na forma de calor (TEETER, 1994).

Portanto, ao sofrerem estresse por calor, as aves reduzem o consumo de alimento e a eficiência digestiva, a fim de diminuir a produção de calor metabólico e manter a homeotermia. No entanto, menos nutrientes são disponibilizados para o metabolismo, resultando em menor taxa de crescimento (ABU-DIEYEH, 2006).

Segundo Geraert et al. (1996) a taxa de produção de calor metabólico é reduzida quando as aves são expostas a temperaturas elevada. Assim, a taxa de turnover protéico, que representa a síntese e a degradação de proteína, também é influenciada pela temperatura ambiente, pois gera grande quantidade de calor. Segundo Yunianto et al. (1997), estas mudanças podem ser causadas por alterações nas funções hormonais.

De acordo com esses pesquisadores o hormônio corticosterona pode exercer uma importante função no controle do turnover protéico da musculatura esquelética em aves. Em estudo conduzido com frangos de corte desafiados pelo calor (30 e 34°C), eles observaram aumento na concentração plasmática de corticosterona e na taxa de quebra da proteína muscular (FURLAN et al., 2006).

Este hormônio está associado ao estresse, sendo utilizado como um indicador em aves e, é produzido como resultado final de uma cadeia de eventos envolvendo o fator liberador de corticotropinas do hipotálamo induzindo a liberação de corticotropina da pituitária, que por sua vez estimula a liberação de corticosterona do córtex adrenal. Alterações nos níveis de corticosterona plasmática podem ter efeitos secundários em outros sistemas hormonais como conversão de noradrenalina em adrenalina ou a produção de hormônios da glândula tireoide que podem gerar amplos efeitos como a imunossupressão (WHITTEHEAD et al., 2003).

Os hormônios tireoideanos: Triiodotironina (T3) e Tiroxina (T4) têm sido considerados os mais importantes no controle dos processos metabólicos das aves, influenciando o crescimento e, a eficiência alimentar, o consumo de oxigênio, a síntese e metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídios; a termogênese e a composição corporal (LAWRENCE & FOLLER, 1997).

Estes hormônios são relacionados ao metabolismo animal (SAHIN et al., 2002), apresentam suas concentrações plasmáticas influenciadas negativamente pela temperatura ambiental (YAHAV et al., 1997). Jonier & Huston (1957) verificaram redução no tamanho da glândula tireoide em frangos de corte estressados por calor, o que resultou em redução da atividade desta glândula e em redução da taxa metabólica.

Yahav et al. (1997) trabalhando com frangos de corte estressados por calor (35°C), observaram redução no peso do fígado das aves, provavelmente em razão da redução na taxa metabólica. Oliveira et al. (2002), encontraram redução nos pesos relativos do fígado e do coração de frangos de corte sob estresse térmico (32°C).

O sistema sangüíneo também é sensível às mudanças de temperatura, consistindo num importante indicador das respostas fisiológicas das aves a agentes estressores (LAGANÁ et al., 2005a). De acordo com Yahav et al. (1997), o aumento da temperatura ambiente, reduziu a concentração de hemoglobina de 10,34 para 9,77g dL⁻¹ e aumentou o hematócrito em frangos submetidos a estresse agudo por calor. Laganá et al. (2005b) verificaram que o ambiente influenciou a concentração de hemoglobina e de heterófilos. De acordo com os últimos autores, a diminuição no hematócrito em altas temperaturas estaria associada com a necessidade de reduzir a viscosidade do sangue durante a vasodilatação.

Inter-relação: nutrição vs sistema imune

A saúde das aves é um fator com profundas implicações para a indústria avícola, devido aos desafios sanitários associados com as práticas de produção intensiva, envolvendo as variáveis de manejo, genética e nutrição. As aves precisam de mecanismos de defesa contra agentes infecciosos e resistir à sua proliferação, o que pode resultar em doença, sendo o sistema imunológico das aves, o responsável por sua defesa (KLASING, 2007)

Nutrientes têm papel direto na imunologia por servirem de substrato e cofatores enzimáticos para multiplicação celular durante a resposta imune (fagócitos, linfócitos) e para a síntese de moléculas efetoras (anticorpos, complemento, óxido nítrico, lisozimas) ou moléculas de comunicação (citocinas, mediadores inflamatórios) (KLASING et al., 1980; KLASING, 2007). Eles também podem ter um efeito indireto na resposta imune ao modificarem as vias de comunicação intra e extracelulares (citocinas) ou limitar efeitos indesejáveis de moléculas efetoras. Por fim, o sistema imune é regulado por diversos hormônios, muitos dos quais respondem a nutrientes como glicose, relação proteína/energia, etc (GENTON & KUDSK, 2003).

O custo nutricional de uma resposta imune vigorosa ainda não foi quantificado de forma acurada para as diversas espécies. No entanto, sabe-se que o sistema imune é relativamente resistente a deficiências nutricionais, pois é o sistema prioritariamente atendido pelos nutrientes disponíveis. Em termos quantitativos, as necessidades de nutrientes para manter o sistema

imune, bem como para proliferação de leucócitos e para produção de anticorpos durante uma infecção, são muito pequenas se comparadas com as necessidades para crescimento. A fase aguda da resposta imune que acompanha a maioria das infecções parece ser maior consumidora de nutrientes do que o próprio sistema (KLASING, 1998; KLASING, 2007). Surpreendentemente, em aves, períodos curtos de fome (24 horas) aumentam os níveis de imunidade celular e humoral, sendo que o sobre consumo de alimento tem o efeito oposto, diminuindo a produção de imunoglobulinas (KLASING, 1992; KLASING, 2007).

A alta prioridade do sistema imune para os nutrientes é baseada na observação de que uma restrição alimentar (ou protéica) moderada é suficiente para prejudicar a taxa de crescimento, mas não prejudica (frequentemente melhora) os índices de imunocompetência (KLASING et al., 1980). Assim sendo, os níveis da maioria dos nutrientes que maximizam a produção geralmente proporcionam um substrato adequado para o sistema imune funcionar satisfatoriamente, já que os experimentos desenvolvidos no Brasil e que compõe as exigências da Tabela Brasileira de Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2011), é determinado com animais em laboratórios, livres de patógenos que afetem o desempenho.

Quando receptores específicos para o TNF α do cérebro das aves são ativados, a liberação de hormônios como GHRH (hormônio de liberação do hormônio de crescimento) e TRH (hormônio de liberação da tireotropina) é significativamente reduzida, reduzindo assim, a taxa metabólica e o crescimento (ELSASSER et al., 1997).

Uma estimativa grosseira do tamanho do sistema imune pode ser obtida pela soma do número de leucócitos do corpo da ave. Esse cálculo revela que por volta de 0,42% do corpo é constituído de leucócitos e seus progenitores (KLASING, 1998). O total de anticorpos encontrados no sangue contribui com menos que 0,10% do peso do corpo de um frango (LEBACQ-VERHEYDEN et al., 1974).

As taxas normais de síntese de imunoglobulinas (Ig) em frangos jovens são menores que 0,02% do peso do corpo/dia. A taxa de síntese de Ig específicas au-

menta drasticamente durante um desafio infeccioso, enquanto a taxa de síntese de Ig totais aumenta moderadamente. Com essas quantificações, a quantidade aparente de substrato necessário para suprir o sistema imune é muito menor se comparados com as necessidades para o crescimento ou para a produção de ovos (KLASING, 1998).

Por exemplo, o peso de novos leucócitos e Igs normalmente produzidas cada dia (por volta de 800 mg/kg de peso vivo) parecem ser menos que 1% do aumento total do peso do corpo de frangos de corte com duas semanas de idade e menos que 10% da quantidade de proteína muscular sintetizada por dia no músculo do peito (KLASING, 1998).

Klasing & Calvert (1999) verificaram o consumo de lisina em frangos de corte desafiados com lipopolissacarídeos comparados com controles. No grupo controle, a manutenção do sistema imune utilizou 1,2% da lisina consumida, divididos entre a leucopoiese (41%) e a síntese de imunoglobulinas (59%). Já no grupo desafiado, 6,7% da lisina consumida foi utilizada para manter a resposta imune, e a maior parte deste percentual (em torno de 70%), foi utilizada para a síntese de proteínas de fase aguda.

Durante uma resposta de fase aguda, perda de proteína, retardo no crescimento e anorexia são observados em humanos e animais (BREUILLE et al., 1998; VOISIN et al., 1996). A perda de proteína do corpo ocorre principalmente no músculo por uma combinação de acentuada proteólise e diminuição da síntese proteica (BARACOS, 2000; BREUILLE et al., 1998). Aminoácidos liberados do músculo são utilizados para a síntese de proteínas de fase aguda, defesa contra o estresse oxidativo e ativação do sistema imune (REEDS & JAHOR, 2001).

Ativação do sistema imune induz um aumento na síntese proteica do baço (BREUILLE et al., 1998), bursa (KLASING & AUSTIC, 1984), linfócitos (PAPET et al., 2002) e o fígado (BREUILLE et al., 1998; KLASING & AUSTIC, 1984) em particular, com as proteínas de fase aguda (BREUILLE et al., 1998).

Tem sido sugerido que os requerimentos de certos aminoácidos são aumentados durante uma infecção.

Entre eles estão os aminoácidos aromático, a cisteína, a glicina e a serina (GRIMBLE, 1989). Entretanto, pouco sucesso tem sido observado com a suplementação de aminoácidos, como método para atenuar o catabolismo proteico durante uma resposta de fase aguda, especialmente em frangos (WEBEL et al., 1998 a,b).

Claramente, a resposta de fase aguda é um processo tanto liberador (catabolismo do músculo esquelético), quanto consumidor de nutrientes (síntese de proteínas de fase aguda - febre). Devido ao aumento na demanda hepática de aminoácidos para suportar a gliconeogênese e, a síntese de proteínas de fase aguda, provavelmente o custo de aminoácidos de uma resposta de fase aguda seja maior que as relativas necessidades dos leucócitos, que respondem a um desafio infeccioso. Por outro lado, é sabido que para diversos nutrientes tais como zinco, ferro, cobre e lisina, as quantidades liberadas (principalmente do músculo) são suficientes para manter as necessidades das respostas de fase aguda e imune, durante um desafio (KOH et al., 1996).

Resultados experimentais recentes

O grande sucesso da pecuária nacional é em função de pesquisas desenvolvidas no Brasil em diversas áreas do conhecimento, Agrônomo, Zootécnico e Veterinário.

Sem dúvida alguma a nutrição desempenha papel importante, não só pela relevância em termo de custo com produção, mas também pelo papel imprescindível que os ingredientes utilizados e, os nutrientes fornecidos, têm no organismo animal.

Há muito tempo pesquisada fora do país, mais que agora ganha tremenda importância no cenário nacional, a modulação do sistema imune através da dieta, é cada vez mais necessária, uma vez que, a proibição de promotores de crescimento na dieta é uma realidade.

Como os desafios sanitários que os animais são acometidos ao longo da vida produtiva, seu desempenho pode ser comprometido. O contato com antígenos causam uma ativação do sistema imune e, um esgotamento das reservas energéticas, com desvio de

nutrientes, antes para manutenção e, produção, agora para combater o invasor.

Melhorar as dietas práticas com intuito de modular a resposta imune é fundamental, para o bom desempenho animal e, talvez uma saída para melhorar os ganhos de produção dos animais que, já podem estar chegando ao patamar de ganho, atingindo o seu limite fisiológico.

Diversos nutrientes têm sido pesquisados, ao longo dos anos, com intuito de melhorar a resposta imune. Pesquisas com aminoácidos (BARTELL & BATAL, 2007; KADAM et al., 2008; PEREZ-CARBAJAL et al., 2010), vitaminas (LESSARD & HUTCHINGS, 1997; ASLAM et al., 1998; YANG et al., 2000; LIN et al., 2002; PANDA et al., 2008; NIU et al., 2009; RUIZ-FERIA & ABDUKALYKOVA, 2009; PEREZ-CARBAJAL et al., 2010; SOUZA et al., 2011; RAMA RAO et al., 2011), minerais (VIRDEN et al., 2004; SUNDER et al., 2006), extratos de plantas (HANIEH et al., 2010; MALAYOGLU et al., 2010; LEE et al., 2010; ARIZA-NIETO et al., 2011; AMERAH et al., 2012; JERZSELE et al., 2012; HANIEH et al., 2012), probióticos e prebióticos (KHAKSEFIDI & GHOORCHI, 2006; KARIMI TORSHIZI et al., 2010; CHE et al., 2011; QIU et al., 2012; YITBAREK et al., 2012; DENG et al., 2012; TAKAHASHI, 2012) e, lipídeos (MORAES et al., 2012).

Kadam et al. (2008) trabalhando com treonina na dieta de frangos de corte em nutrição in ovo observaram que, os resultados nos levam a sugerir que as injeções de 20 a 30mg de treonina em saco vitelino pode melhorar o crescimento pós-eclosão e benéficamente influenciar as respostas humorais de frangos de corte.

Para Bartell & Batal (2007) a suplementação de glutamina modifica a produção de anticorpos que podem fornecer um caminho para fortalecer a imunidade e proteção de pintos contra vários agentes patogênicos. No entanto, efeitos em longo prazo a imunomodulação induzida pela suplementação de glutamina sobre a resistência das aves criadas comercialmente em relação a desafios infecciosos ainda deve ser investigado.

Perez-Carbajal et al. (2010) verificando a resposta imune de frangos de corte alimentados com diferen-

tes níveis de arginina e vitamina E para uma vacina contra coccidiose e desafiados com *Eimeria* observou que os resultados mostraram que níveis elevados de vitamina E associados à níveis normais de arginina na dieta, são capazes de melhorar tanto os níveis de monócitos quanto de heterófilos, quando as aves foram alimentadas com níveis mais elevados de vitamina E, arginina, do que aqueles recomendados pelo NRC (1994), tiveram uma melhor resposta imune após um desafio por *Eimeria*.

Ja Niu et al. (2009) trabalhando diferentes níveis de vitamina E para desempenho e resposta imune de frangos de corte sob estresse por calor, demonstraram que vitamina na dieta aumenta o número de macrófagos e à capacidade fagocítica de macrófagos, contudo o estresse por calor reduziu significativamente o número de macrófagos e à capacidade fagocítica dos macrófagos. Os autores sugerem que a suplementação de vitamina E na dieta pode melhorar a imunocompetência de frangos de corte quando criados em condições de estresse por calor.

Souza et al. (2011) trabalhando com frangos alimentados com rações com vitamina C e E em ambientes de alta temperatura, observaram que, a suplementação com vitaminas C e/ou E não influencia o desempenho, o peso do baço, a concentração plasmática de triiodotironina e o número de linfócitos e heterófilos de frangos de corte mantidos no período de 1 a 42 dias de idade em ambiente de alta temperatura.

Rama Rao et al. (2011) avaliando o efeito de diferentes fontes lipídicas para frangos de corte, e sua resposta imune, observaram que o óleo de girassol, óleo de palma ou de cártamo podem ser usados nas dietas de frangos de corte, sem afetar o desempenho, respostas imunes, e a oxidação lipídica. Dietas com 10 mg/kg é suficiente para ótimo desempenho. Embora o crescimento e a eficiência alimentar, maiores concentrações na dieta (50 e 100 mg/kg) melhoram as respostas mediadas por células imunitárias.

Panda et al. (2008) trabalhando em conjunto com vitamina C e E sobre a resposta imune de poedeiras Leghorn em condições de alta temperatura. Esses autores observaram que, aves alimentadas com vitamina E (125 mg/kg) e vitamina C (200 mg/kg) pode

aliviar os efeitos do estresse térmico sobre o desempenho produtivo, e as respostas imunes.

Lin et al. (2002) trabalhando com níveis de vitamina A na dieta e seu efeito na produção de ovos e nas respostas imunes de galinhas estressadas pelo calor, observaram que, a suplementação de vitamina A pode ser vantajosa para galinhas em estresse. A produção de anticorpos e proporção de linfócitos T não foi afetada pelo tratamento térmico. Galinhas sofrendo de estresse de calor imediatamente após a vacinação precisam de uma maior quantidade de vitamina A para uma máxima produção de anticorpos e linfócitos T.

Viriden et al. (2004) avaliando fontes de zinco e manganês para matrizes e seus efeitos na resposta imune da progênie observaram que, os suplementos dietéticos de zinco e manganês em dietas de reprodutoras pesadas podem melhorar as funções cardíacas e a produção de alguns parâmetros do sistema imunológico de seus descendentes. Os autores ainda concluíram que novas pesquisas devem abordar a capacidade destes metais traço em dietas de galinha para permitir que a progênie possa superar desafios infecciosos.

Sunder et al. (2006) avaliaram altas suplementações de manganês para melhor absorção de outros minerais e melhores parâmetros imunológicos para frangos de corte. Os autores concluíram que o manganês presente na dieta basal (37 ppm) foi adequado para suportar o crescimento ótimo e imunidade em frangos de corte até 28 dias de idade. A suplementação de manganês no nível 100 ppm para a dieta basal melhorou a mineralização óssea e reduziu as incidências de anormalidade nas pernas. Níveis mais altos de manganês até 800 ppm não tiveram nenhuma vantagem. Aumentar os níveis de manganês de 1600 até 3200 ppm teve um impacto negativo sobre o ganho de peso, consumo de ração, diminuição na retenção de cálcio, fósforo e zinco e na competência imunológica. A suplementação de 100 ppm de manganês otimizou o desempenho com um melhor perfil de minerais nos ossos e, uma melhor competência imunológica em frangos corte.

Hanieh et al. (2010) trabalhando com extratos de *Allium sativum* (alho) and *Allium cepa* (cebola) para frangos

Leghorn, e a resposta no sistema imunológico, verificaram que, embora na maioria dos casos não houvesse efeitos imediatos da suplementação dietética *Allium* em resposta imunidade humoral, após a imunização primária, a produção de anticorpos foi melhorada em resposta para a imunização secundária. Sugere-se que a suplementação com *Alliums*, em adequados níveis, pode influenciar benéficamente as funções do sistema imunitário e, fornecer alternativa futura no controle de doenças de frango. Ainda Hanieh et al. (2012) estudando os efeitos imunomoduladores das plantas do gênero *Allium* (cebola e alho) in vitro sobre linfócitos e macrófagos de frangos Leghorn, concluíram que o extrato de alho tinha efeitos estimulantes in vitro em linfócitos e macrófagos e, o extrato de cebola, tinha limitado efeito estimulante sobre macrófagos.

Em outro estudo com suínos desafiados, recém-desmamados e, suplementação de CLA nas dietas, Moraes et al. (2012) verificaram que a resposta imune dos leitões foi benéfica. A suplementação com CLA em 1% na dieta, resultou num aumento de IgG e anticorpos. Assim, o CLA é um nutracêutico que aumenta a imunidade humoral, mas os níveis de CLA maiores do que 1% podem suprimir a produção de anticorpos. Outras variáveis imunológicas, juntamente com o desempenho, não foram afetadas pelo CLA dietético, mesmo na presença de desafio com LPS. Este resultado indica que o CLA não foi eficaz para inverter ou melhorar o estresse induzido. O uso do LPS foi um modelo eficiente para induzir o estresse imunológico. No entanto, é possível que 100 mg/kg de LPS é demasiadamente elevado, sendo uma dose que causou o estresse além da capacidade do CLA de afetar outras variáveis imunológicas.

CONCLUSÃO

Um das prioridades com imunomodulação é o fato dos animais de produção estarem sempre em ambientes com algum estresse, mesmo que momentâneo. A ativação do sistema imune é dispendiosa para os animais, fazendo com que haja um desvio de energia para compensar a mobilização do organismo para combater o “invasor”, fazendo com que os animais percam desempenho produtivo.

A nutrição com benefícios para melhoria no sistema imune é uma realidade necessária, tanto pela proi-

bição do uso de antibióticos nas rações, quanto pelo objetivo de alcançar patamares ainda maiores de ganho e desempenho produtivo, haja vista que, os limites fisiológicos dos animais, para ganhos genéticos, tendem ser sempre menores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU-DIEYEH, Z.H.M. 2006. Effect of high temperature per se on growth performance of broilers. *Journal Poultry Science*, 5: 19-21.
- AMERAH, A.M.; MATHIS, G.; HOFACRE, C.L. 2012. Effect of xylanase and a blend of essential oils on performance and *Salmonella* colonization of broiler chickens challenged with *Salmonella* Heidelberg. *Poultry Science*, 91: 943-947.
- ARIZA-NIETO, C.; BANDRICK, M.; BAIDOO, S.K.; ANIL, L.; MOLITOR, T.W.; HATHAWAY, M.R. 2011. Effect of dietary supplementation of oregano essential oils to sows on colostrum and milk composition, growth pattern and immune status of suckling pigs. *J. Anim. Sci*, 89: 1079-1089.
- ASLAM, S.M.; GARLICH, J.D.; QURESHI, M.A. 1998. Vitamin D Deficiency Alters the Immune Responses of Broiler Chicks. *Poultry Science*, 77: 842-849.
- BARACOS, V.E. 2000. Regulation of skeletal-muscle -protein turnover in cancer-associated cachexia. *Nutrition*, 16: 1015-1018.
- BARTELL, S.M.; BATAL, A.B. 2007. The effect of supplemental glutamine on growth performance, development of the gastrointestinal tract, and humoral immune response of broilers. *Poultry Science*, 86: 1940-1947.
- BREUILLE, D.; ARNAL, M.; RAMBOURDIN, F.; BAYLE, G.; LEVIEUX, D.; OBLED, C. 1998. Sustained modifications of protein metabolism in various tissues in a rat model of long-lasting sepsis. *Clinical Science*, 94: 413-423.
- CHE, T.M.; JOHNSON, R.W.; KELLEY, K.W.; VAN ALSTINE, W.G.; DAWSON, K.A.; MORAN, C.A.; PETTIGREW, J.E. 2011. Mannan oligosaccharide improves immune responses and growth efficiency of nursery pigs experimentally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *J. Anim. Sci*, 89: 2592-2602.
- DENG, W.; DONG, X.F.; TONG, J.M.; ZHANG, Q. 2012. The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. *Poultry Science*, 91: 575-582.
- ELSASSER, T.H.; CAPERNA, T.J.; RUMSEY, T.S. 1997. Endotoxin administration decreases plasma insulin-like growth factor (IGF)-1 and IGF-binding protein-2 in Angus X Hereford steers independent of changes in nutritional intake. *Journal of Endocrinology*, 144: 109-117.
- FRASER, A.F.; BROOM, D.M. 1990. *Farm animal behavior and welfare*, London, Bailliere Tindall.
- FURLAN, R.L. 2006. **Influência da temperatura na produção de frangos de corte**. In: Simpósio brasil sul de avicultura, 7. Chapecó. Disponível em: <http://www.levy.blog.br/arquivos/aula-fesurv/downs-96-0.pdf>. Acesso em: 4 dezembro de 2014.
- FURLAN, R.L.; MACARI, M. 2002. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP. 209-230p.
- FURLAN, R.L.; MACARI, M. 2008. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP. 209-230p.
- GENTON L.; KUDSK, K.A. 2003. Interactions between the enteric nervous system and the immune system: role of neuropeptides and nutrition. *The American Journal of Surgery*, 186: 253-258.
- GERAERT, P.A.; PADILHA, J.C.F.; GUILLAUMIN, S. 1996. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. *British Poult. Sci*, 75: 195-204.
- GRIMBLE, R.F. 1989. Cytokines: Their relevance to nutrition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 43: 217-230.
- HANIEH, H.; NARABARA, K.; PIAO, M.; GERILE, C.; ABE, A.; KONDO, Y. 2010. Modulatory effects of two levels of dietary Alliums on immune response and certain immunological variables, following immunization, in White Leghorn chickens. *Animal Science Journal*, 81: 673-680.
- Hanieh, H., Narabara, K., Tanaka, Y. 2012. Immunomodulatory effects of Alliums and *Ipomoea batata* extracts on lymphocytes and macrophages functions in White Leghorn chickens: In vitro study. *Animal Science Journal*, 83: 68-76.
- JERZSELE, A.; SZEKER, K.; CSIZINSZKY, R.; GERE, E.; JAKAB, C.; MALLO, J.J.; GALFI, P. 2012. Ef-

- ficacy of protected sodium butyrate, a protected blend of essential oils, their combination, and *Bacillus amyloliquefaciens* spore suspension against artificially induced necrotic enteritis in broilers. **Poultry Science**, 91: 837–843.
- JONIER, W.P.; HUSTON, T.M. 1957. The influence of high environmental temperature on immature domestic fowl. **Poultry Science**, 36: 973-978.
- KADAM, M.M.; BHANJA, S.K.; MANDAL, A.B. 2008. Effect of in ovo threonine supplementation on early growth, immunological responses and digestive enzyme activities in broiler chickens. **British Poultry Science**, 49: 736-741.
- KARIMI TORSHIZI, M.A.; MOGHADDAM, A.R. 2010. Assessing the effect of administering probiotics in water or as a feed supplement on broiler performance and immune response. **British Poultry Science**, 51: 178-184.
- KHAKSEFIDI, A.; TAGHI, G. 2006. Effect of probiotic on performance and immunocompetence in broilers chicks. **The Journal of Poultry Science**, 43: 296-300.
- KLASING, K.C. 2007. Nutrition and the immune system. **British Poultry Science**, 48: 525-537.
- KLASING, K.C. 1998. Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. **Poultry Science**, 77: 1119-1125.
- KLASING, K.C. 1992. Researchers detail link between nutrition and disease status. **Feedstuffs**, 32: 37-38.
- KLASING, K.C.; AUSTIC, R.E. 1984. Changes in protein synthesis due to an inflammatory challenge. **Proceedings of the Society Experimental Biology and Medicine**, 176: 285-291.
- KLASING, K.C.; CALVERT, C.C. 1999. The care and feeding of an immune system: an analysis of lysine needs. In: LOBLEY, G.E.; WHITE, A.; MAC, R. **Protein Metabolism and Nutrition**, 253-264.
- KLASING, K.C.; KNIGHT, C.D.; FORSYTH, D.M. 1980. Effects of iron on the anti-coli capacity of sow's milk in vitro and in ligated intestinal segments. **The journal of nutrition**, 110: 1914-1921.
- KIOUKIA-FOUGIA, N.; ANTONIOU, K.; BEKRIS, S.; LIAPI, C.; CHRISTOFIDIS, I.; PAPADOPOULOU-DAIFOTI, Z. 2002. The effects of stress exposure on the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, thymus, thyroid hormones and glucose levels. Program. Neuro Psychopharmacology. **Biol Psychiatry**, 26: 823-30.
- KOH, T.S.; PENG, R.K.; KLASING, K.C. 1996. Dietary copper level affects copper metabolism during lipopolysaccharide-induced immunological stress in chicks. **Poultry Science**, 75: 867–872.
- LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A.M.L.; GONZALEZ, F.H.D.; LACERDA, L.DE.A.; TERRA, S.R.; BARBOSA, P.R. 2005a. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos nos parâmetros bioquímicos e hematológicos de frangos de corte em estresse por calor. **Boletim da Indústria Animal**, 62: 157-165.
- LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M.; SOUZA, E.N. 2005b. Influência do nível nutricional da dieta no rendimento de órgãos e gordura abdominal em frangos estressados por calor. **Rev. Bras. Saúde Prod**, 6: 59-66.
- LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. 1997. Hormonal, genetic and immunological influences on growth. In: LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. New York: Cab International, 102-149.
- LEBACQ-VERHEYDEN, A.M.; VAERMAN, J.P.; HEREMANS, J.F. 1974. A possible homologue of mammalian IgA in chicken serum and secretions. **Immunology**, 22: 165–169.
- LEE, S.H.; LILLEHOJ, H.S.; HONG, Y.H. 2010. In vitro effects of plant and mushroom extracts on immunological function of chicken lymphocytes and macrophages. **British Poultry Science**, 51: 213-221.
- LESSARD, M.; HUTCHINGS, D.; CAVE, N.K. 1997. Cell-Mediated and Humoral Immune Responses in Broiler Chickens Maintained on Diets Containing Different Levels of Vitamin A. **Poultry Science**, 76: 1368-1378.
- LIN, H.; WANG, L.F.; SONG, J.L. 2002. Effect of Dietary Supplemental Levels of Vitamin A on the Egg Production and Immune Responses of Heat-Stressed Laying Hens. **Poultry Science**, 81: 458-465.
- MALAYOGLU, H.B.; BAYSAL, S.; MISIRLIOGLU, Z.; POLAT, M.; YILMAZ, H.; TURAN, N. 2010. Effects of oregano essential oil with or without feed enzymes on growth performance, digestive enzyme, nutrient digestibility, lipid metabolism and immune response of broilers fed on wheat-soybean meal diets. **British Poultry Science**, 51: 67-80.
- MORAES, M.L.; RIBEIRO, A.M.L.; KESSLER, A.M.; LEDUR, V.S.; FISCHER, M.M.; BOCKOR, L.; CIBULSKI, S.P.; GAVA, D. 2012. Effect of conjugated linoleic acid on performance and immune respon-

- se of weanling piglets. *Journal Animal Science*, 90: 2590-2598.
- MUJAHID, A.; AKIBA, Y.; TOYOMIZU, M. 2007. Acute heat stress induces oxidative stress and decreases adaptation in young white leghorn cockerels by down regulation of avian uncoupling protein. *Poultry Science*, 86: 364-371.
- NIU, Z.Y.; LIU, F.Z.; YAN, Q.L. 2009. Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress. *Poultry Science*, 88: 2101-2107.
- NRC-National Research Council. 1994. **Nutrient requirements of poultry**, Washington: National Academy Press. 9th revised.
- OLIVEIRA, R.F.M.; OLIVEIRA, G.A.; DONZELE, J.L.; CECON, P.R.; VAZ, R.G.M.V.; ORLANDO, U.A.D. 2006. Avaliação do efeito da temperatura ambiente sobre as características de carcaça e o crescimento de órgãos de frangos de corte, dos 22 aos 42 dias. *R. Bras. Zootec*, 35:1398-1405.
- PANDA, A.K.; RAMARAO, S.V.; RAJU, M.V.L. CHATTERJEE, R.N. 2008. Effect of dietary supplementation with vitamins E and C on production performance, immune responses and antioxidant status of White Leghorn layers under tropical summer conditions. *British Poultry Science*, 49: 592-599.
- PAPET, I.; RUOT, B.; BREUILLÉ, D.; WALRAND, S.; FARGES, M.C.; VASSON, M.P.; OBLED, C. 2002. Bacterial infection affects protein synthesis in primary lymphoid tissues and circulating lymphocytes of rats. *Journal of Nutrition*, 132: 2028-2032.
- PEREZ-CARBAJAL, C.; CALDWELL, D.; FARNELL, M. 2010. Immune response of broiler chickens fed different levels of arginine and vitamin E to a coccidiosis vaccine and Eimeria challenge. *Poultry Science*, 89: 1870-1877.
- QIU, R.; CROOM, J.; ALI, R.A.; BALLOU, A.L.; SMITH, C.D.; ASHWELL, C.M.; HASSAN, H.M.; CHIANG, C.C AND KOCI, M.D. 2012. Direct fed microbial supplementation repartitions host energy to the immune system. *Journal Animal Science*, 90: 2639-2651.
- RAMA, R.S.V.; RAJU, M.V.; PANDA, A.K.; POONAM, N.S.; SHYAM, S.G. 2011. Effect of dietary α -tocopherol concentration on performance and some immune responses in broiler chickens fed on diets containing oils from different sources. *British Poultry Science*, 52: 97-105.
- REEDS, P.J.; JAHOR, F. 2001. The amino acid requirements of disease. *Clinical Nutrition*, 20: 15-25.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.DE.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.DE.T. 2011. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 3ª. Ed. VIÇOSA: UFV, Departamento de Zootecnia. 252p.
- RUIZ-FERIA, C.A.; ABDUKALYKOVA, S.T. 2009. Arginine and Vitamin E improve the antibody responses to infectious bursal disease virus (IBDV) and sheep red blood cells in broiler chickens. *British Poultry Science*, 50: 291-297.
- SAHIN, K.; KÜÇÜK, O.; SAHIN, N.; SARI, M. 2002. Effects of vitamin C and vitamin E on lipid peroxidation, status, serum hormones, metabolite and mineral concentrations of japanese quails reared under heat stress (34°C). *J. Vit. Nutr. Res*, 72: 91-100.
- SHARMA, J. 1981. Natural killer activity in chickens exposed to Marek's disease virus: inhibition of activity in the susceptible chickens and enhancement of activity resistant and vaccinated chickens. *Avian Diseases*, 25: 882-893.
- SOUZA, M.G.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. 2011. Utilização das vitaminas C e E em rações para frangos de corte mantidos em ambiente de alta temperatura. *R. Bras. Zootec*, 40: 2192-2198.
- SUNDER, G.S.; PANDA, A.K.; GOPINATH, N.C.S. 2006. *The Journal of Poultry Science*, 43: 371-377.
- TAKAHASHI, K. 2012. Effect of Cultures of *Aspergillus oryzae* on Inflammatory Response and mRNA Expression in Intestinal Immune-Related Mediators of Male Broiler Chicks. *The Journal of Poultry Science*, 49: 1346-7395.
- Teeter, R.G. 1994. Optimizing production of heat stressed broilers. *Poultry Digest*, mount morris, 53: 10-27.
- VIRDEN, W.S.; YEATMAN, J.B.; BARBER, S.J. 2004. Immune System and Cardiac Functions of Progeny Chicks from Dams Fed Diets Differing in Zinc and Manganese Level and Source. *Poultry Science*, 83: 344-351.
- Voisin, L.; Breuillé, D.; Combaret, L.; Pouyet, C.; Taillandier, D.; Arousseau, E.; Obled, C.; Attaix, D. 1996. Muscle wasting in a rat model of long-las-

- ting sepsis results from the activation of lysosomal, Ca²⁺-activated, and ubiquitin-proteasome proteolytic pathways. **Jornal Clinical Investigation**, 97: 1610-1617.
- WEBEL, D.M.; JOHNSON, R.W.; BAKER, D.H. 1998a. Lipopolysaccharide-induced reductions in body weight gain and feed intake do not reduce the efficiency of arginine utilization for whole-body protein accretion in the chick. **Poultry Science**, 77: 1893-1898.
- WEBEL, D.M.; JOHNSON, R.W.; BAKER, D.H. 1998b. Lipopolysaccharide-induced reductions in food intake do not decrease the efficiency of lysine and threonine utilization for protein accretion in chickens. **Journal of Nutrition**, 128: 1760-1766.
- WHITEHEAD, C.C.; KELLER, T. 2003. An update on ascorbic acid in poultry. **World's Poultry Science Journal**, 59: 161-184.
- WIEGAND, B.R.; POMPEU, D.; THIEL-COOPER, R.L. 2011. Immune response and blood chemistry of pigs fed conjugated linoleic acid. **J. Anim. Sci**, 89: 1588-1594.
- YAHAV, S.; STRASCHNOW, A.; PLAVNIK, I.; HURWITZ, S. 1997. Blood system response of chickens to changes in environmental temperature. **Poult. Sci.**, Champaign, 76: 627-633.
- YANG, N.; LARSEN, C.T.; DUNNINGTON, E. A. 2000. Immune Competence of Chicks from Two Lines Divergently Selected for Antibody Response to Sheep Red Blood Cells as Affected by Supplemental Vitamin E. **Poultry Science**, 79: 799-803.
- YITBAREK, A.; ECHEVERRY, H.; BRADY, J. 2012. Innate immune response to yeast-derived carbohydrates in broiler chickens fed organic diets and challenged with *Clostridium perfringens*. **Poultry Science**, 91: 1105-1112.
- YUNianto, V.D.; HAYASHI, K.; KANEDA, S.; OHTSUKA, A.; TOMITA, Y. 1997. Effect of environmental temperature on muscle protein turnover and heat production in tube-fed broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, 77: 897-909.